

日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年12月12日

出願番号

Application Number:

特願2000-377254

出願人

Applicant(s):

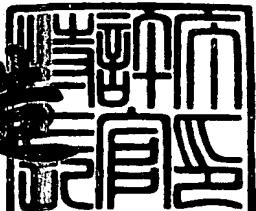
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕三



出証番号 出証特2001-3071245

【書類名】 特許願
【整理番号】 00000743
【提出日】 平成12年12月12日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G02B 6/00
G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 笠間 宣行

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 前田 英孝

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 篠原 陽子

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ
アイ・アールディセンター内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスアイ
アイ・アールディセンター内

【氏名】 市原 進

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーワインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【ブルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 近視野光発生素子の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

遮光膜で覆われた錐状突起部の先端に光学的な開口をもつ近視野光発生素子の作製方法において、

所望の波長を透過する少なくとも一つの錐状突起部を作製する工程と、

前記錐状突起部とほぼ同じ高さを有する開口制御部を作製する工程と、

少なくとも前記錐状突起部を覆う遮光膜を成膜する工程と、

略平面を有する押し込み体を用いて前記錐状突起部と前記開口制御部に対して同時に力を加えることにより前記錐状突起部の先端に光学的な開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光発生素子の作製方法。

【請求項 2】

遮光膜で覆われた錐状突起部の先端に光学的な開口をもつ近視野光発生素子の作製方法において、

所望の波長を透過する少なくとも一つの錐状突起部を作製する工程と、

前記錐状突起部とほぼ同じ高さを有する開口制御部を作製する工程と、

少なくとも前記錐状突起部を覆う前記遮光膜を成膜する工程と、

周期的な微小構造体を作製する工程と、

略平面を有する押し込み体を用いて前記錐状突起部と前記開口制御部に対して同時に力を加えることにより前記錐状突起部の先端に光学的な開口を形成する工程と、

を含むことを特徴とする近視野光発生素子の作製方法。

【請求項 3】

前記開口制御部が前記周期的な微小構造体を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の近視野光発生素子の作製方法。

【請求項 4】

前記開口制御部が前記周期的な微小構造体であることを特徴とする請求項 2 に

記載の近視野光発生素子の作製方法。

【請求項5】

前記周期的な微小構造体が前記開口制御部と前記錐状突起部との間に作製されていることを特徴とする請求項2に記載の近視野光発生素子の作製方法。

【請求項6】

前記錐状突起部が前記開口制御部に囲まれて配置されていることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1つに記載の近視野光発生素子の作製方法。

【請求項7】

前記錐状突起部を作製する工程と前記開口制御部を作製する工程が1つの工程であることを特徴とする請求項1あるいは請求項2に記載の近視野光発生素子の作製方法。

【請求項8】

前記錐状突起部を作製する工程と前記開口制御部を作製する工程と前記周期的な微小構造体を作製する工程の3工程のうち2工程あるいは3工程全てが1つの工程であることを特徴とする請求項2に記載の近視野光発生素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、近視野光を照射・検出するための開口を有する近視野光発生素子の作製方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】

そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象として、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（S N O M）が注目されている。

【0004】

近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100 nm程度の直径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口サイズ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口サイズとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【0005】

顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバープローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバープローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【0006】

これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特許公報平5-21201に開示されている方法が知られている。特許公報平5-21201の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【0007】

また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方

法がある。特開平11-265520の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム（FIB）によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特許公報平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ずつしか開口を形成する事ができない。また、特許公報平5-21201の方法によれば、移動分解能が数nmの圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ない環境におかなくてはならない。また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるように調整する時間がかかるてしまう。また、移動量の小さな圧電アクチュエータの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【0009】

また、特開平11-265520の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、FIBを用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が10分程度と長い。また、FIBを用いるために、試料を真空中におかなければならぬ。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】

そこで、上記課題を解決するために本発明に係る第1の近視野光発生素子の作製方法は、遮光膜で覆われた錐状突起部の先端に光学的な開口をもつ近視野光発生素子の作製方法において、所望の波長を透過する少なくとも一つの錐状突起部を作製する工程と、前記錐状突起部とほぼ同じ高さを有する微小開口制御部を作

製する工程と、少なくとも前記錐状突起部を覆う遮光膜を成膜する工程と、略平面を有する押し込み体を用いて前記錐状突起部と前記開口制御部に対して同時に力を加えることにより前記錐状突起部の先端に光学的な開口を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0011】

この発明によれば、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を錐状突起部先端に容易に形成する事ができ、開口を有する近視野光発生素子を容易に作製できる。また、錐状突起部と開口制御部の高さを常に同じに制御されているので、開口の作製歩留まりが向上し、近視野光発生素子の製造コストを低く抑えることができた。

【0012】

さらに、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、近視野光発生素子の開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短くできる。

【0013】

また、本発明によれば、近視野光発生素子の開口を作製するのに加工雰囲気を問わない。従って、大気中で開口を作製する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、開口を走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で開口を加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0014】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法は、遮光膜で覆われた錐状突起部の先端に光学的な開口をもつ近視野光発生素子の作製方法において、所望の波長を透過する少なくとも一つの錐状突起部を作製する工程と、前記錐状突起部とほぼ同じ高さを有する開口制御部を作製する工程と、少なくとも前記錐状突起部を覆う前記遮光膜を成膜する工程と、周期的な微小構造体を作製する工程と、略平面を有する押し込み体を用いて前記錐状突起部と前記開口制御部に対して同時に力を加えることにより前記錐状突起部の先端に光学的な開口を形成する工程とを含むことを特徴とする。

【0015】

この発明によれば、本発明に係る第1の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、錐状突起部近傍に周期的な微小構造を形成することにより、その周期的な微小構造によるプラズモン効果により、開口により生成される近視野光の強度を増大できる。よって、このような近視野光発生素子を用いた装置の光源であるレーザーの出力を低くできるので、発熱量の低下や低消費電力化、装置の小型化が期待できる。

【0016】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第3の近視野光発生素子の作製方法は、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法において、前記開口制御部が前記周期的な微小構造体を含むことを特徴とする。

【0017】

この発明によれば、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、開口制御部の一部が周期的な微小構造体であるので、開口制御部と錐状突起部以外にわざわざ新たな構造を形成せずとも、プラズモン効果による近視野光の強度の増大がはかれるので、あらたな周期的な微小構造を形成するためのプロセスを省略でき、強い近視野光を得るために必要とされる近視野光発生素子の作製コストを低く抑えることができる。

【0018】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第4の近視野光発生素子の作製方法は、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法において、前記開口制御部が前記周期的な微小構造体であることを特徴とする。

【0019】

この発明によれば、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、開口制御部そのものが周期的な微小構造体であるの、開口制御部に周期的な微小構造を形成したり、開口制御部と錐状突起部以外にわざわざ新たな構造を形成せずとも、プラズモン効果による近視野光の強度の増大がはかれるので、あらたな周期的な微小構造を形成するためのプロセスを省略でき、強い近視野光を得るために必要とされる近視野光発生素子の作製コストを低く抑えることができ

る。

【0020】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第5の近視野光発生素子の作製方法は、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法において、前記周期的な微小構造体が前記開口制御部と前記錐状突起部との間に作製されていることを特徴とする。

【0021】

この発明によれば、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、開口近傍に波長程度の周期的な微小構造を作製することによりプラズモン効果による近視野光の強度を飛躍的に増大させることができる。この近視野光強度の増大により、この微小開口を用いた装置のレーザー出力を低くでき、発熱量の低下や低消費電力化、装置の小型化が期待できる。

【0022】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第6の近視野光発生素子の作製方法は、本発明に係る第1から第5のいずれか1つの近視野光発生素子の作製方法においては、前記錐状突起部が前記開口制御部に囲まれて配置されていることを特徴とする。

【0023】

この発明によれば、本発明に係る第1から第5の近視野光発生素子の作製方法のいずれか1つの効果に加え、錐状突起部1近傍に開口制御部2を設け、且つ2次元的に錐状突起部が複数個配置されるので、押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を複数の錐状突起部1先端に同時に形成する事が容易である。よって、複数の錐状突起部上に開口を一括で作製することができ、ウエハ一枚あたりの錐状突起部の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、非常に短くすることができ、さらなる低コストで開口を大量に作製することが可能となる。

【0024】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第7の近視野光発生素子の作製

方法は、本発明に係る第1あるいは第2の近視野光発生素子の作製方法においては、前記錐状突起部を作製する工程と前記開口制御部を作製する工程が1つの工程であることを特徴とする。

【0025】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、錐状突起部と開口制御部を作製するための錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクの形成に1種類のフォトマスクを用いてフォトリソグラフィ工程により形成できるので、近視野光素子を作製するためのフォトマスクの枚数や露光回数を減らすことができ、さらなる低コスト化が可能となる。また、1枚のフォトマスクより錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクを形成するので、それらの2つのマスクの位置誤差を少なくできる。

【0026】

また、上記課題を解決するために本発明に係る第8の近視野光発生素子の作製方法は、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法においては、前記錐状突起部を作製する工程と前記開口制御部を作製する工程と前記周期的な微小構造体を作製する工程の3工程のうち2工程あるいは3工程全てが1つの工程であることを特徴とする。

【0027】

この発明によれば、本発明に係る第1あるいは第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、錐状突起部を作製する工程と開口制御部を作製する工程と周期的な微小構造体を作製する工程の3工程のうち2工程あるいは3工程全てが1つの工程で実現できるので、近視野光素子を作製するための工程を減らすことができ、近視野光素子を作製するための作製工程の簡略化、および作製時間の削減、作製コストのさらなる低減を実現できる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態1)

図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る近視野光発生素子の作製方法について説明した図である。図1に示すワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状突起部1および尾根状の開口制御部2、錐状突起部1と開口制御部2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、錐状突起部1、開口制御部2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、錐状突起部1にだけ堆積されていてもよい。

【0029】

錐状突起部1の高さは、数mm以下であり、開口制御部2の高さは、数mm以下である。本実施の形態においては、錐状突起部1の高さと開口制御部2の高さは同じである。錐状突起部1と開口制御部2の間隔は、数mm以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

【0030】

錐状突起部1、開口制御部2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、錐状突起部1の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでも錐状突起部1を透過する材料であれば用いることができる。また、錐状突起部1、開口制御部2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タンクスチール、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0031】

図2は、開口を形成する方法において、錐状突起部1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。遮光膜3を塑性変形させるための押し込み体として板6及び押し込み用具7を用いた。図1で示したワーク1000の上に、錐状突起部1および少なくとも開口制御部2の一部を覆い、かつ、少なくとも錐状突起部1および開口制御部2側が平面である板6を載せ、さらに板6の上には

、押し込み用具7を載せる。押し込み用具7に錐状突起部1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6が錐状突起部1に向かって移動する。錐状突起部1と板6との接触面積に比べて、開口制御部2と板6との接触面積は、数100～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、開口制御部2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、錐状突起部1および開口制御部2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも堅く、錐状突起部1および開口制御部2よりも柔らかい材料である場合、錐状突起部1および開口制御部2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【0032】

図3は、力Fを加えた後に、押し込み体である板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、錐状突起部1および開口制御部2が弾性変形領域でのみ変位しているため、錐状突起部1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数nmから錐状突起部1を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できることは、いうまでもない。

【0033】

開口8に光を導入するために、基板4を錐状突起部1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5または錐状突起部1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのは言うまでもない。

【0034】

また、錐状突起部1の高さと開口制御部の高さを制御することにより、錐状突起部1上部の遮光膜の変位量を制御することができ、錐状突起部1の先端に作製される開口の大きさを制御することができる。

【0035】

以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、開口制御部2によって押し込み体である板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さくできるため、大きさが均一で小さな開口8を錐状突起部1先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口8から近視野光を発生させることができる。

【0036】

次に、ワーク1000の製造方法を図4から図5を用いて説明する。図4は、基板材料104上に透明材料103を形成したのち、錐状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102を形成した状態を示している。図4(a)は上面図を示しており、図4(b)は、図4(a)のA-A'で示す位置における断面図を示している。透明材料103は、気相化学堆積法(CVD)やスピンドルによって基板材料104上に形成する。また、透明材料103は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料104上に形成することができる。次に、透明材料103上にフォトマスクを用いたフォトリソグラフィ工程によって、錐状突起部用マスク101及び開口制御部用マスク102を形成する。錐状突起部用マスク101と開口制御部用マスク102は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【0037】

錐状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや塗化膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

【0038】

錐状突起部用マスク101の直径は、たとえば数mm以下である。開口制御部用マスク102の幅W1は、たとえば、錐状突起部用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm～数μmだけ小さい。また、開口制御部用マスク102の長さは、数10μm以上である。

【0039】

図5は、錐状突起部1および開口制御部2を形成した状態を示している。図5(a)は上面図であり、図5(b)は、図5(a)のA-A'で示す位置の断面図である。錐状突起部用マスク101および開口制御部用マスク102を形成した後、ウエットエッティングによる等方性エッティングによって錐状突起部1および開口制御部2を形成する。透明材料103の厚さと錐状突起部1および開口制御部2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。錐状突起部1の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3を錐状突起部1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、錐状突起部1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000の錐状突起部が形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、錐状突起部1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、錐状突起部1上にだけ遮光膜3を形成する事ができる事は言うまでもない。

以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、錐状突起部1近傍に開口制御部2を設けることによって押し込み体である板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8を錐状突起部1先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具7を叩くだけで直径100nm以下の開口8を形成する事ができた。また、錐状突起部1と開口制御部2の高さが常に同じに制御されているので、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可

能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口サイズの開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口サイズの異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。

【0040】

また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0041】

さらに、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口サイズのそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数100ミリ秒以下と非常に短くなる。

【0042】

さらに、錐状突起部と開口制御部を作製するための錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクの形成に1種類のフォトマスクを用いてフォトリソグラフィ工程により形成した場合には、近視野光素子を作製するためのフォトマスク枚数や露光回数を減らすことができ、さらなる低コスト化が可能となる。また、1枚のフォトマスクにより錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクを形成するので、それらの2つのマスクの位置誤差を少なくできる。そのうえ、錐状突起部を作製する工程と開口制御部を作成する工程とを1つの工程で実現できるので、作製工程の簡略化、および作製時間の削減、作製コストのさらなる低減を実現できる。

【0043】

(実施の形態2)

図6は、本発明の実施の形態2に係る近視野光発生素子の作製方法について説明するためのワーク2000の形状を示した図である。図6においては、説明を簡単にするために、遮光膜を省略してある。また、透明材料103は基板（図示略）の上に形成されている。

【0044】

本実施の形態のワーク2000の形状は、実施の形態1で説明したワーク1000の形状と比較して、錐状突起部が複数個（図6においては4つ）ある場合の実施の形態である。よって、実施の形態1と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【0045】

図6のワーク2000の作製方法は、実施の形態1のワーク1000と同様に作製することができる。実施の形態1のワーク1000を作製する場合には、1つの錐状突起部用マスクを形成していたが、図6のワーク2000の場合に4個の錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクを形成した後にウエットエッティングによる等方性エッティングによって4つの錐状突起部601および開口制御部2を形成する。4つの錐状突起部601の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する。また、遮光膜を錐状突起部601にだけ堆積する場合、遮光膜の堆積工程において、錐状突起部601上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク2000の錐状突起部が形成された面の全面に遮光膜を堆積した後、錐状突起部601にだけ遮光膜が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、錐状突起部601上にだけ遮光膜を形成する事ができることは言うまでもない。また、遮光膜は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タングステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0046】

このようにして作製されたワーク2000に対して、その錐状突起部601上の遮光膜に開口を形成する方法は、実施の形態1と全く同じであるので説明を省略する。

【0047】

錐状突起部601上の遮光膜に作製された開口に光を導入するために、基板を錐状突起部601の形成面と反対側からエッティングすることによって透明材料103または錐状突起部601の少なくとも一部を露出させて、開口への光の導入口を形成する。また、基板を透明材料で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるは言うまでもない。

【0048】

よって、複数の錐状突起部上の遮光膜に開口がそれぞれ同時に形成される。それぞれの開口の大きさは、それぞれの錐状突起部の高さで制御することができ、すべての開口の大きさを同じにする以外にも任意の大きさのことなる開口を複数個同時に作製することができる。

【0049】

以上説明したように、本発明の実施の形態2によれば、本発明の実施の形態1の効果に加え、開口制御部に囲まれるよう複数の錐状突起部を形成することで、複数の錐状突起部の先端に開口を同時に、そして容易に作製することができる。

【0050】

さらに、ワーク2000が複数個作製された一枚のウエハに対して、一括で力Fを加えることによって、さらに多くの開口を一度に作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワークの数にもよるが、実施の形態1の比べ、開口1個あたりの加工時間は、さらに数分の1以下と非常に短くなり、開口1つあたりの作製コストも大幅に低減できる。

【0051】

(実施の形態3)

図7は、本発明の実施の形態3に係る近視野光発生素子の作製方法について説明するためのワーク3000の形状を示した図である。図7においては、説明を簡単にするために、遮光膜を省略してある。また、透明材料103は基板(図示略)の上に形成されている。

【0052】

本実施の形態のワーク3000の形状は、錐状突起部と開口制御部の間に波長

程度の周期的な微小構造体702を有している点のみが実施の形態1で説明したワーク1000の形状と異なっている。よって、実施の形態1と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【0053】

図7のワーク3000の作製方法において、錐状突起部1と開口制御部2については実施の形態1のワーク1000とまったく同様に作製することができる。図7のワーク3000を作製するには、さらに錐状突起部1と開口制御部2との間に周期的な微小構造体を形成する。その作製方法は、錐状突起部や開口制御部の形成方法と同様に、微小構造体702のためのマスクを形成したのちエッチングを行うことで微小構造体702を形成する。もちろん、錐状突起部1や開口制御部2を形成すると同時に、この微小構造体702を形成することもできる。あるいは、錐状突起部1と開口制御部2を形成した後に、微小構造体702を錐状突起部1と開口制御部2の間にマイクロマニピュレーションの技術などを用いて物理的にならべることによっても形成可能である。また、錐状突起部1と開口制御部2と微小構造体702をすべて別々に形成することもできる。ここで、微小構造体702の高さは、錐状突起部1や開口制御部2よりも低く形成する。その後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する。

【0054】

このようにして作製されたワーク3000に対して、その錐状突起部1上の遮光膜に開口を形成する方法は、実施の形態1と全く同じであるので説明を省略する。

【0055】

微小構造体702の高さは、錐状突起部1や開口制御部2よりも低いので、開口は錐状突起部1上の遮光膜にのみ形成される。

【0056】

錐状突起部1上の遮光膜に作製された開口に光を導入するために、基板を錐状突起部1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明材料103または錐状突起部1の少なくとも一部を露出させて、開口への光の導入口を形成する。また、基板を透明材料で構成することによって、光の導入口を形成する工程を

省くことができるの言うまでもない。

【0057】

図7のワーク3000のように、開口近傍に波長程度の周期的な微小構造体を配置することにより、プラズモン効果により開口から得られる近視野光の強度が飛躍的に増大する。

【0058】

また、図8は、本発明の実施の形態3に係る他の近視野光発生素子の作製方法について説明するためのワーク4000の形状を示した図である。図8において、説明を簡単にするために遮光膜を省略してある。また、透明材料103は基板(図示略)の上に形成されている。

【0059】

図8のワーク4000の形状は、図7のワーク3000で説明した形状と同様に、開口近傍に周期的な微小構造体を有しているものである。ただし、図8のワーク4000の場合には、微小構造付開口制御部802として開口近傍に配置された開口制御部の一部が周期的な微小構造を有している場合の実施の形態である。よって、図7のワーク3000の説明と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【0060】

図8のワーク4000の作製方法を以下に説明する。

【0061】

実施の形態1あるいは実施の形態2と同様に、透明材料103上にフォトリソグラフィ工程によって、錐状突起部1用のマスク及び微小構造付開口制御部802用のマスクを形成する。錐状突起部1用のマスクと微小構造付開口制御部802用のマスクは、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。その際、微小構造付開口制御部802用のマスクには、波長程度の周期的な微小構造が形成されている。

【0062】

次に、ウエットエッティングによる等方性エッティングによって錐状突起部1および微小構造付開口制御部802を形成する。その後、遮光膜をスパッタや真空蒸

着などの方法で堆積させる。また、遮光膜を錐状突起部1にだけ堆積する場合、遮光膜の堆積工程において、錐状突起部1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク4000の錐状突起部1が形成された面の全面に遮光膜を堆積した後、錐状突起部1にだけ遮光膜が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、錐状突起部1上にだけ遮光膜を形成する事ができることは言うまでもない。

【0063】

このようにして作製されたワーク4000に対して、その錐状突起部1上の遮光膜に開口を形成する方法は、実施の形態1と全く同じであるので説明を省略する。

【0064】

錐状突起部1上の遮光膜に作製された開口に光を導入するために、基板を錐状突起部1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明材料103または錐状突起部1の少なくとも一部を露出させて、開口への光の導入口を形成する。また、基板を透明材料で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができるのは言うまでもない。

【0065】

図8のワーク4000も、図7のワーク3000と同様に、開口近傍に波長程度の周期的な微小構造体を有しているので、プラズモン効果により開口から得られる近視野光の強度が飛躍的に増大する。そしてさらに、図8のワーク4000は、図7のワーク3000にくらべ、開口制御部と微小構造部を1つのマスクで形成することが可能であり、フォトマスクの枚数を減らすことができる。

【0066】

以上説明したように、本発明の実施の形態3によれば、本発明の実施の形態1あるいは実施の形態2の効果に加え、開口近傍に波長程度の周期的な微小構造を作製することによりプラズモン効果により近視野光の強度を飛躍的に増大させることができる。この近視野光強度の増大により、この近視野光発生素子を用いた装置のレーザー出力を低くでき、発熱量の低下や低消費電力化、装置の小型化が期待できる。

【0067】

さらに、図8のワーク4000では、図7のワーク3000にくらべ、開口制御部と微小構造部を1つのマスクで形成することが可能であり、フォトマスクの枚数を減らすことができる。よって、さらに低コストで近視野光素子を作製することができる。

【0068】

その上、錐状突起部を作製する工程と開口制御部を作製する工程と周期的な微小構造体を作製する工程の3工程のうち2工程あるいは3工程全てが1つの工程で実現できるので、近視野光素子を作製するための工程を減らすことができ、近視野光素子を作製するための作製工程の簡略化、および作製時間の削減、作製コストのさらなる低減を実現できる。

【0069】

(実施の形態4)

図9から図11は、本発明の実施の形態4に係る近視野光発生素子の作製方法について説明するためのワーク5000、6000、7000の形状を示した図である。図9から図11においては、説明を簡単にするために、遮光膜を省略している。また、透明材料103は基板(図示略)の上に形成されている。

【0070】

本実施の形態4は、実施の形態1で説明したワーク1000の錐状突起部と開口制御部を複数個配置した場合の実施例であり、実施の形態1と同じ部分については説明を一部省略あるいは簡単にする。

【0071】

図9のワーク5000は、錐状突起部1が複数の開口制御部2に囲まれている場合の実施の形態である。ワーク5000の場合には、2次元的に複数の錐状突起部1を配置し、その間に開口制御部2を配置した。この場合には、4角形の頂点に錐状突起部が配置されているが、3角形の頂点に配置するなど、多角形にしてもよい。

【0072】

また、図10のワーク6000は、錐状突起部1を取り囲むように1つの開口

制御部1002を配置したものを複数個ならべた場合の実施の形態である。ワーク6000の場合には、開口制御部1002は四角形で、その内部に錐状突起部1が1つ配置されている。開口制御部1002は四角形以外にも丸型などでも対応可能である。また、開口制御部1002の内部には、複数の錐状突起部を配置してもよい。

【0073】

さらに、図11のワーク7000は、図9のワーク5000と図10のワーク6000の両方の配置を併せ持つ配置になっている。つまり、錐状突起部1と開口制御部が非常に密に配置されている。

【0074】

これらワーク5000、ワーク6000、ワーク7000におけるそれぞれの開口制御部と錐状突起部の形成方法及び遮光膜の形成方法、開口の作製方法は、実施の形態1の場合と全く同じであるので説明を省略する。

【0075】

以上説明したように、本発明の実施の形態4によれば、錐状突起部1近傍に開口制御部2を設け、且つ2次元的に錐状突起部が複数個配置されているので、押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を複数の錐状突起部先端に同時に形成する事が容易である。よって、複数の錐状突起部上に開口を一括で作製することで、ウエハ一枚あたりの錐状突起部の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、非常に短くすることができ、低コストで開口を大量に作製することが可能となる。

【0076】

また、2次元的に配置された錐状突起部や開口制御部が波長程度の周期的な微小構造になる場合には、実施の形態3の場合と同様に、プラズモン効果による近視野光の強度を飛躍的に増大させることができる。よって、実施の形態3と同様に、この近視野光強度の増大により、この近視野光発生素子を用いた装置のレーザー出力を低くでき、発熱量の低下や低消費電力化、装置の小型化が期待できる。

【0077】

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る第1の近視野光発生素子の作製方法によれば、錐状突起部近傍に開口制御部を設けることによって押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を錐状突起部先端に容易に形成する事ができ、微小な開口を有する近視野光発生素子を容易に作製できる。また、錐状突起部と開口制御部の高さを常に同じに制御されているので、開口の作製歩留まりが向上し、近視野光発生素子の製造コストを低く抑えることができる。

【0078】

さらに、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、近視野光発生素子の開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短くできる。

【0079】

また、本発明によれば、近視野光発生素子の開口を作製するのに加工雰囲気を問わない。従って、大気中で開口を作製する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、開口を走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で開口を加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0080】

以上説明したように本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第1の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、錐状突起部近傍に周期的な微小構造を形成することにより、その周期的な微小構造によるプラズモン効果により、開口より生成される近視野光の強度を増大できる。よって、このような近視野光発生素子を用いた装置のレーザー出力を低くできるので、発熱量の低下や低消費電力化、装置の小型化が期待できる。

【0081】

以上説明したように本発明に係る第3の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、開口制御部の

一部が周期的な微小構造体であるので、開口制御部と錐状突起部以外にわざわざ新たな構造を形成せずとも、プラズモン効果による近視野光強度の増大がはかれるので、あらたな周期的な微小構造を形成するためのプロセスを省略でき、近視野光発生素子作製のコストを低く抑えることができる。

【0082】

以上説明したように本発明に係る第4の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、開口制御部そのものが周期的な微小構造体であるので、開口制御部に周期的な微小構造を形成したり、開口制御部と錐状突起部以外にわざわざ新たな構造を形成せずとも、プラズモン効果による近視野光強度の増大がはかれるので、あらたな周期的な微小構造を形成するためのプロセスを省略でき、近視野光発生素子作製のコストを低く抑えることができる。

【0083】

以上説明したように本発明に係る第5の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、微小開口近傍に波長程度の周期的な微小構造を作製することによりプラズモン効果により近視野光強度を飛躍的に増大させることができる。この近視野光強度の増大により、この近視野光発生素子を用いた装置のレーザー出力を低くでき、発熱量の低下や低消費電力化、装置の小型化が期待できる。

【0084】

以上説明したように本発明に係る第6の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第1から第5の近視野光発生素子の作製方法のいずれか1つの効果に加え、錐状突起部1近傍に開口制御部2を設け、且つ2次元的に錐状突起部が複数個配置されているので、押し込み体である板の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口を複数の錐状突起部1先端に同時に形成する事が容易である。よって、複数の錐状突起部上に開口を一括で作製することができ、ウエハ一枚あたりの錐状突起部の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、非常に短くすることができ、さらに低コストで開口を大量に作製することが可能となる。

【0085】

以上説明したように本発明に係る第7の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、錐状突起部と開口制御部を作製するための錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクの形成に1種類のフォトマスクを用いてフォトリソグラフィ工程により形成できるので、近視野光素子を作製するためのフォトマスクの枚数や露光回数を減らすことができ、さらに低コスト化が可能となる。また、1枚のフォトマスクより錐状突起部用マスクと開口制御部用マスクを形成するので、それら2つのマスクの位置誤差を少なくできる。

【0086】

以上説明したように本発明に係る第8の近視野光発生素子の作製方法によれば、本発明に係る第1あるいは第2の近視野光発生素子の作製方法の効果に加え、錐状突起部を作製する工程と開口制御部を作製する工程と周期的な微小構造体を作製する工程の3工程のうち2工程あるいは3工程全てが1つの工程で実現できるので、近視野光素子を作製するための工程を減らすことができ、近視野光素子を作製するための作製工程の簡略化、および作製時間の削減、作製コストのさらなる低減を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る近視野光発生素子の作製方法について説明した図である。

【図2】

本発明の実施の形態1に係る近視野光発生素子の作製方法について説明した図である。

【図3】

本発明の実施の形態1に係る近視野光発生素子の作製方法について説明した図である。

【図4】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】

本発明の実施の形態2に係るワーク2000について説明した図である。

【図7】

本発明の実施の形態3に係るワーク3000について説明した図である。

【図8】

本発明の実施の形態3に係るワーク4000について説明した図である。

【図9】

本発明の実施の形態4に係るワーク5000について説明した図である。

【図10】

本発明の実施の形態4に係るワーク6000について説明した図である。

【図11】本発明の実施の形態4に係るワーク7000について説明した図である。

【符号の説明】

- 1、601 錐状突起部
 - 2、1002、1102 開口制御部
 - 3 遮光膜
 - 4 基板
 - 5 透明層
 - 6 板
 - 7 押し込み用具
 - 8 開口
- 101 錐状突起部用マスク
 - 102 開口制御部用マスク
 - 103 透明材料
 - 104 基板材料
 - 702 微小構造体
 - 802 微小構造付開口制御部

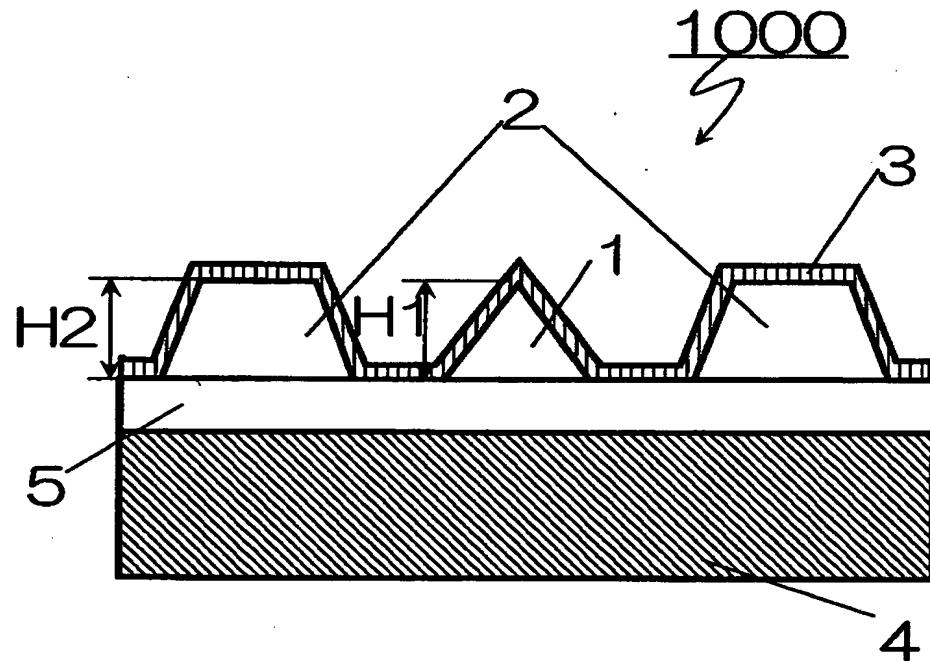
特2000-377254

1000、2000、3000、4000、5000、6000 ワーク

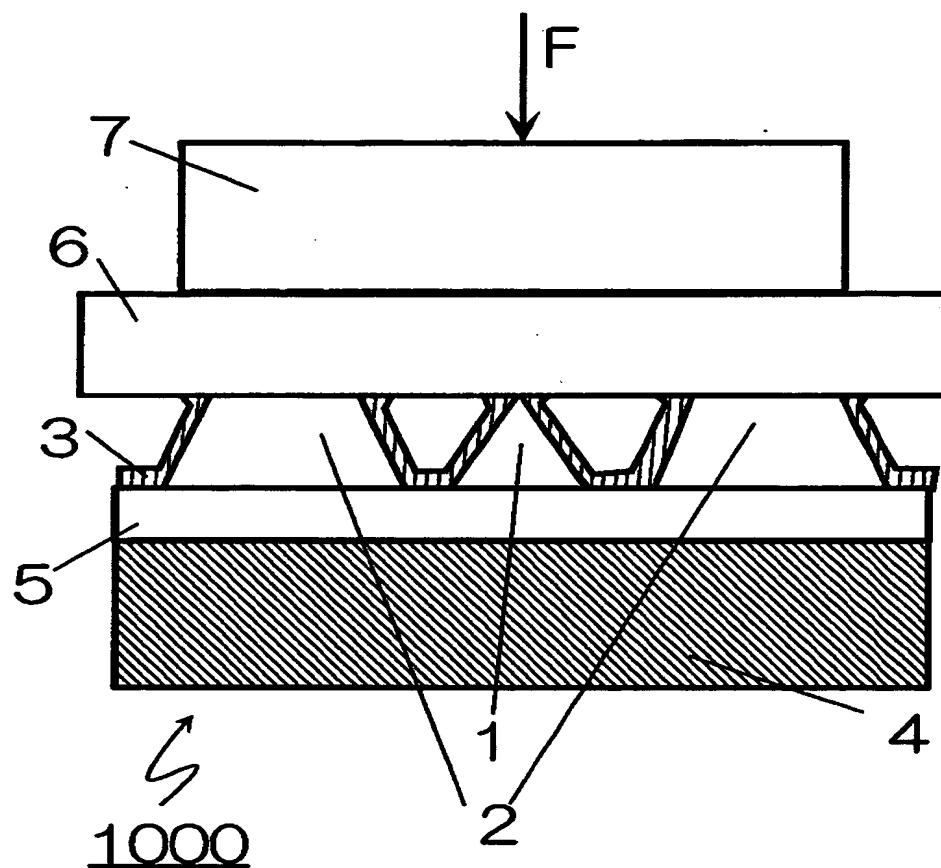
F 力

【書類名】 図面

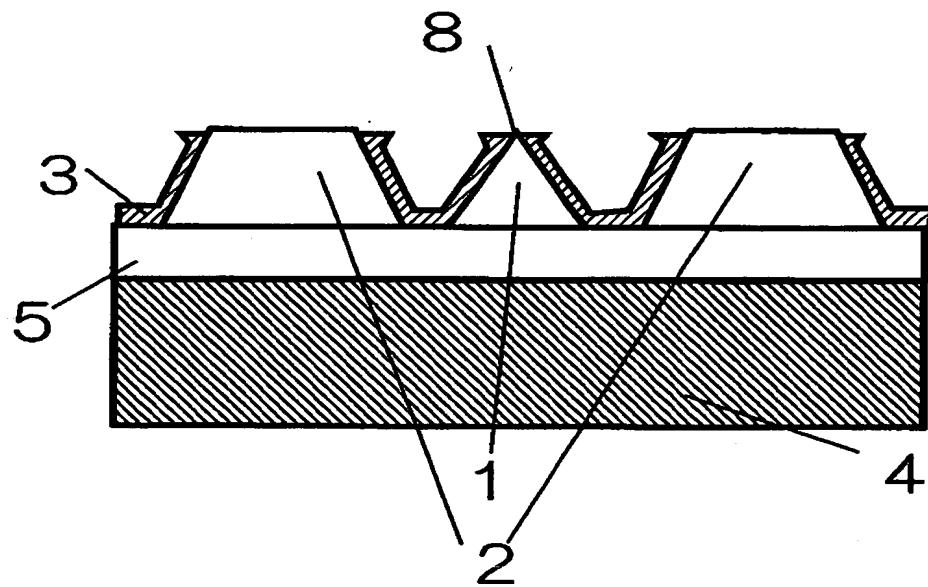
【図1】



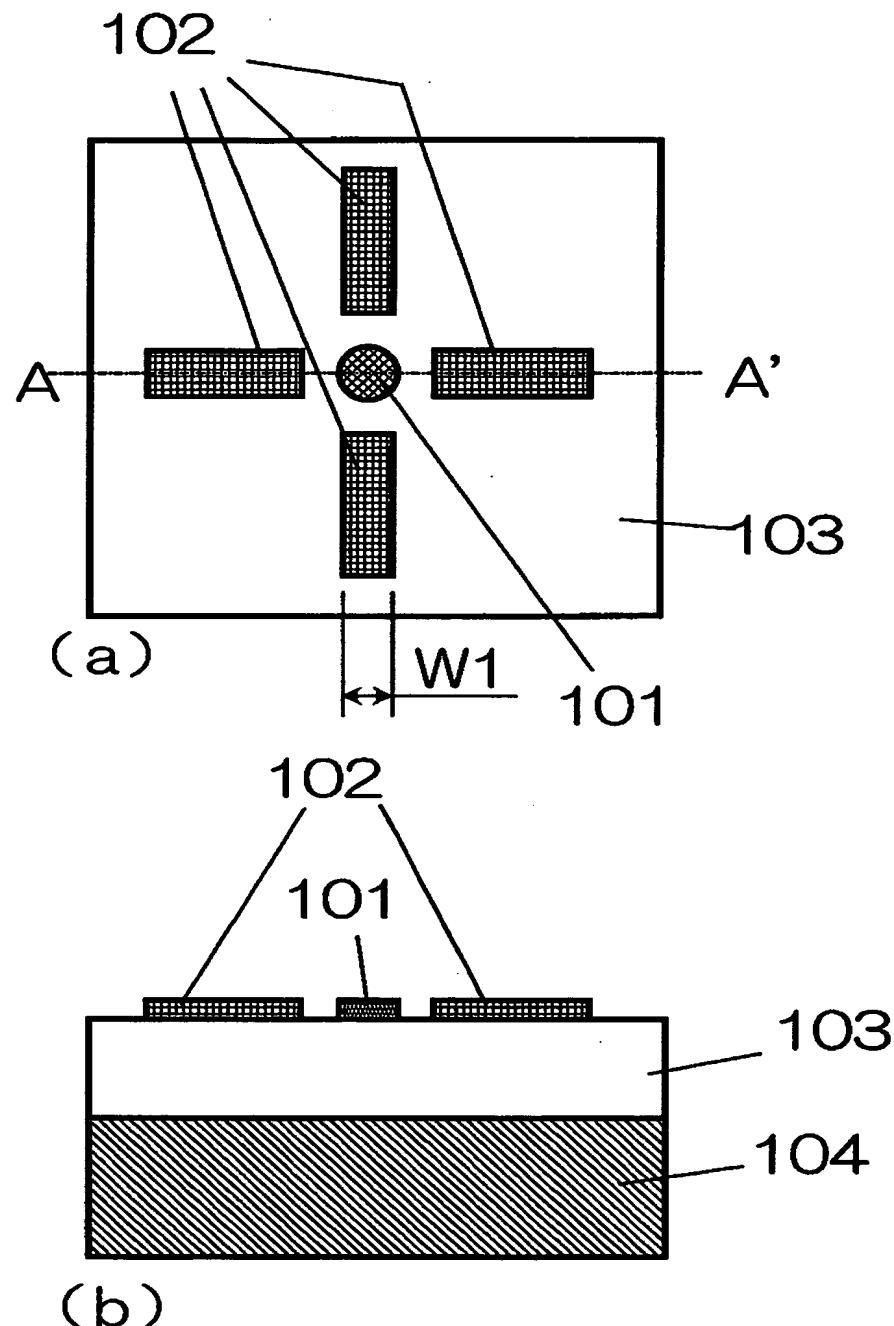
【図2】



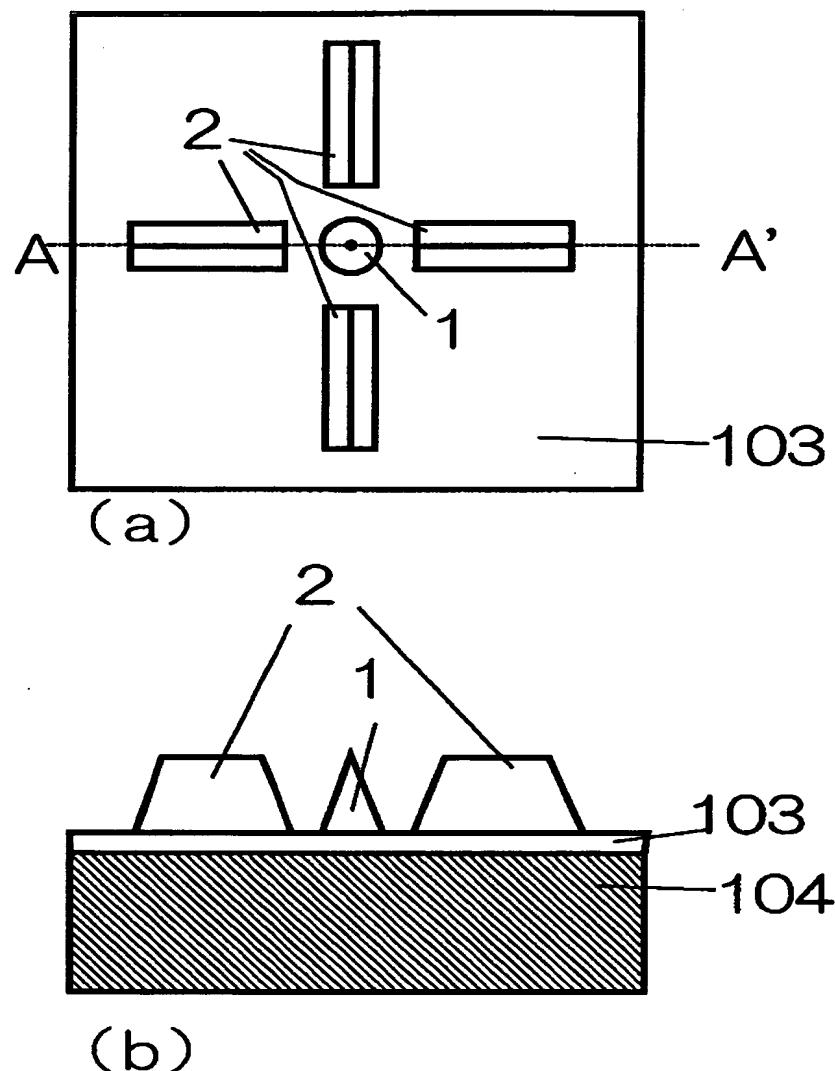
【図3】



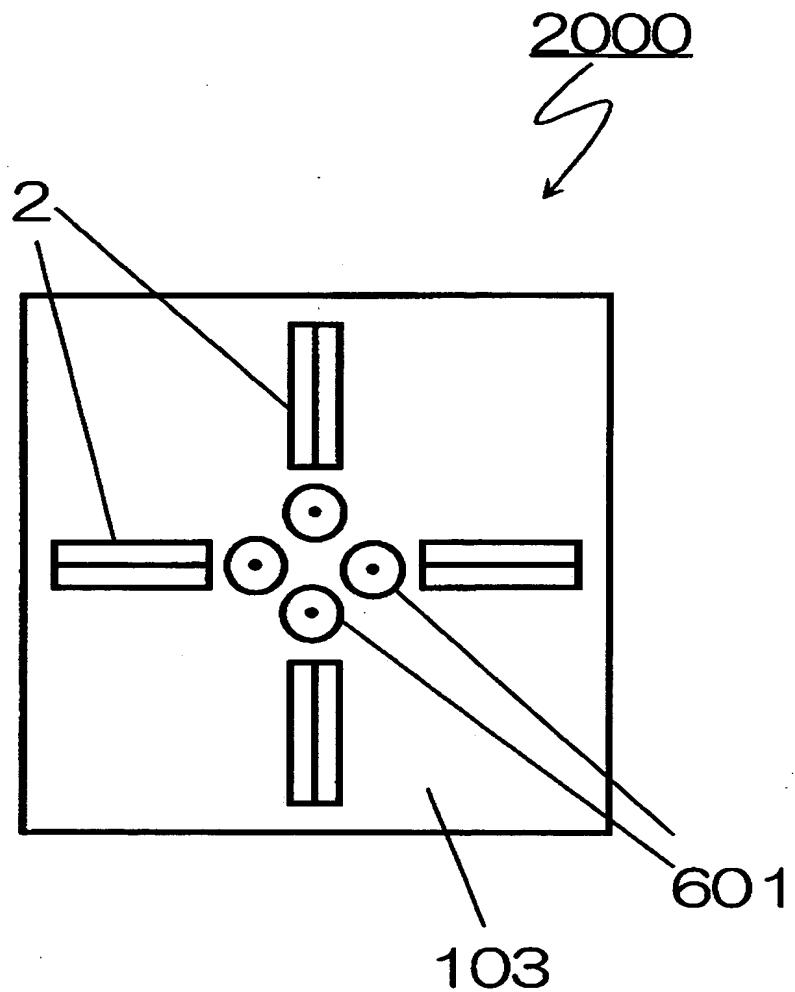
【図4】



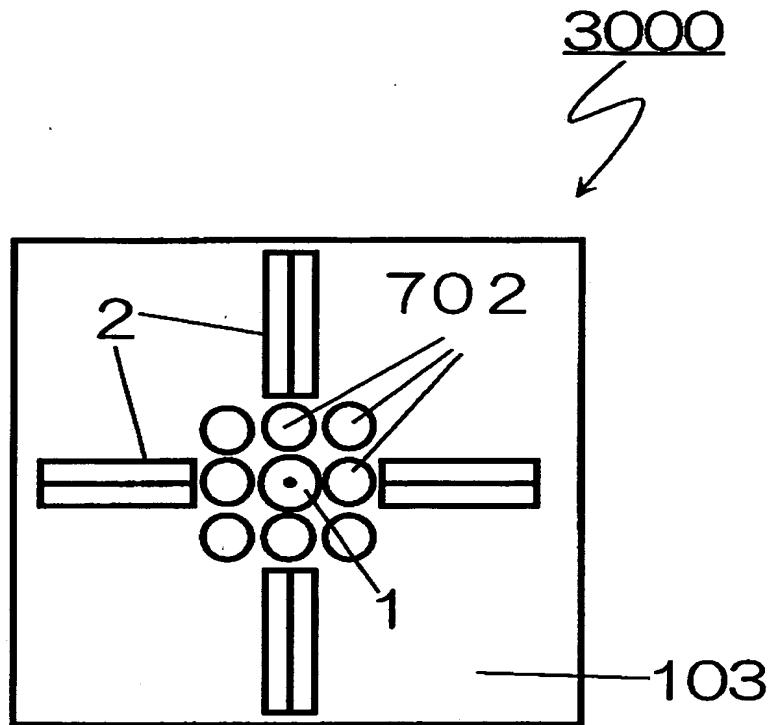
【図5】



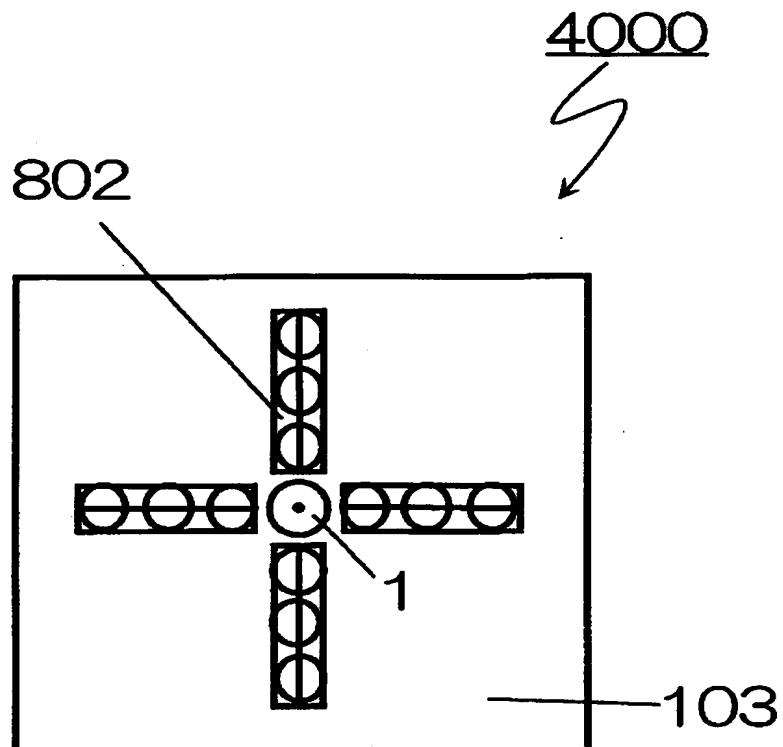
【図6】



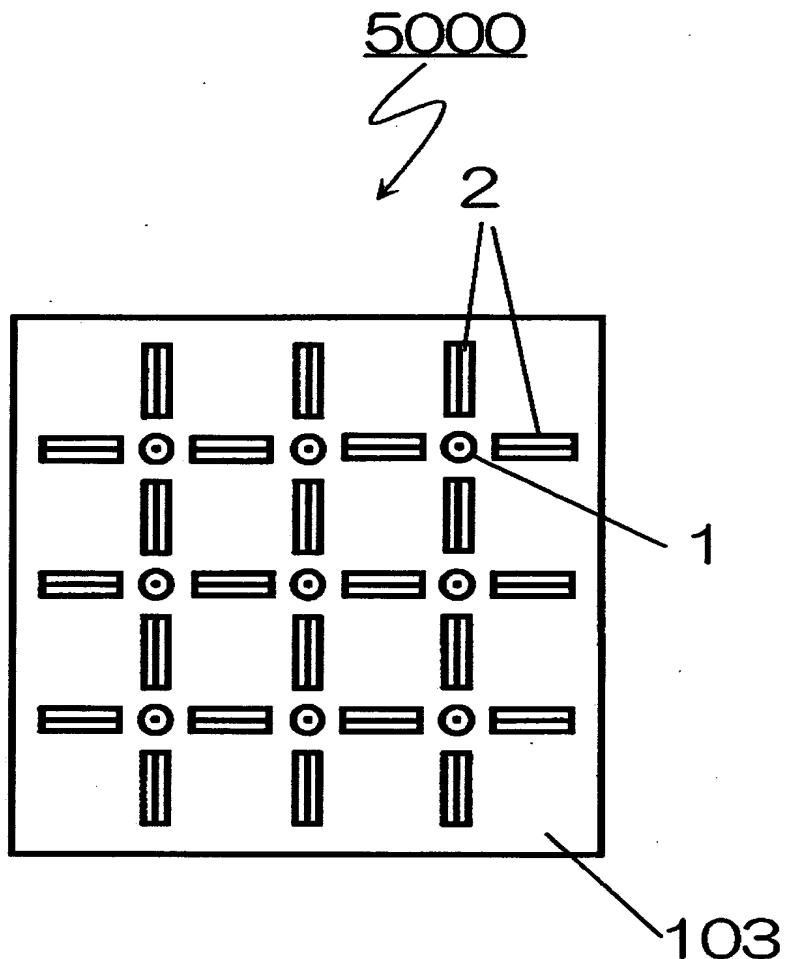
【図7】



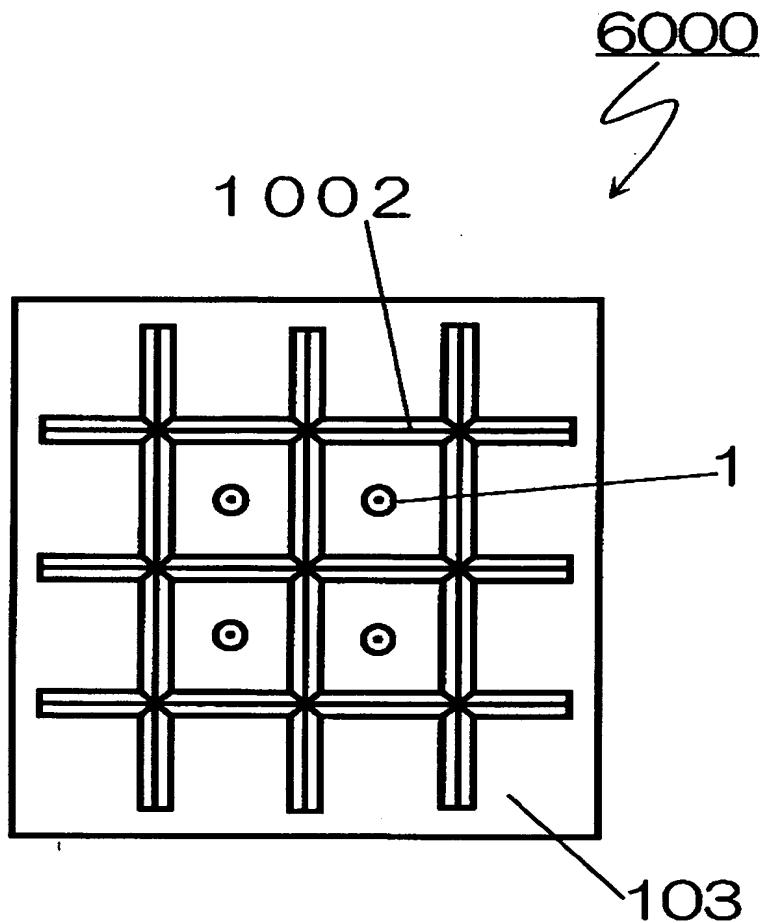
【図8】



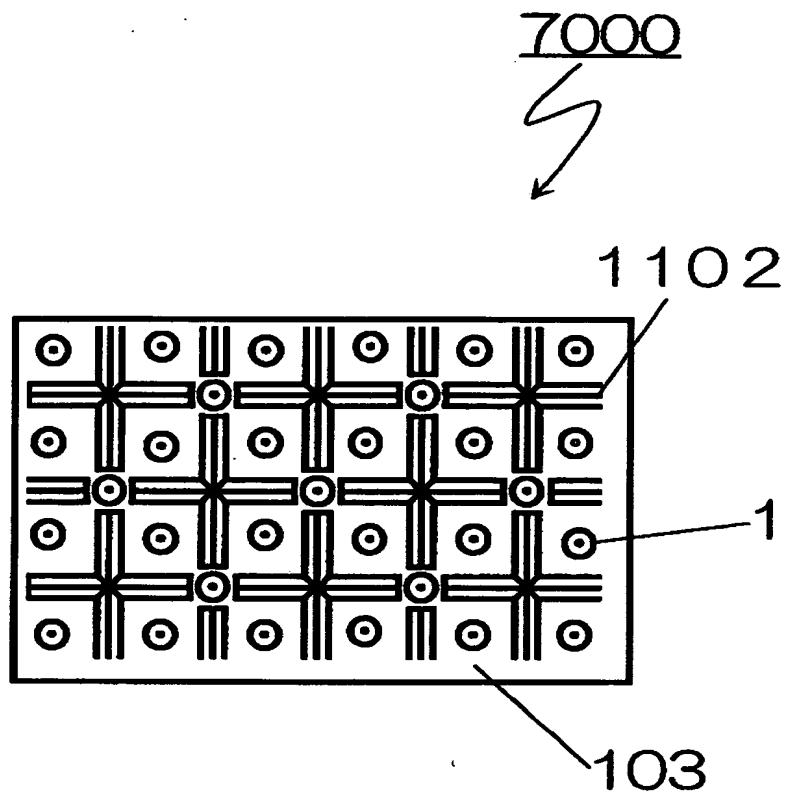
【図9】



【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で微小な開口を有する近視野光発生素子の作製方法を提供することである。

【解決手段】 少なくとも一つの錘状突起部を作製する工程と、錘状突起部とほぼ同じ高さを有する開口制御部を作製する工程と、少なくとも錘状突起部を覆う遮光膜を成膜する工程と、略平面を有する押し込み体を用いて錘状突起部と開口制御部に対して同時に力を加えることにより錘状突起部の先端に光学的な開口を形成する工程により、近視野光発生素子を作製する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1995年 4月20日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社